



Treatment of Seeds by Solar Radiation and Its
Effect on the Incidence of Anthracnose
(*Colletotrichum Acutatum*) in Two Phenological
Stages of Chocho, in a Local Genotype (*Lupinus
Mutabilis*) in the Canton Espejo, Province of
Carchi

Jose Ayala and Carlos Alencastro

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

January 13, 2020

Tratamiento de semillas mediante radiación solar y su efecto en la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en dos etapas fenológicas de chocho, en un genotipo local (*Lupinus mutabilis*) en el cantón Espejo, provincia del Carchi

Agroindustria, Ciencias agrícolas y forestales

I. Resumen

En el estudio del efecto de la radiación solar sobre la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en la etapa de floración y llenado de vaina en el genotipo local San Gabriel (*Lupinus mutabilis*), sus semillas se irradiaron en tiempos de 45, 60 y 90 minutos, usando una estufa de radiación casera. La radiación solar en los tiempos 60 y 90 minutos disminuyeron el porcentaje de infección de antracnosis en comparación con el testigo absoluto cero minutos y el tratamiento químico Vitavax; El tratamiento 60 minutos de radiación solar presentó un mayor porcentaje de germinación comparado con los otros tratamientos. Las semillas irradiadas a 90 minutos de exposición solar disminuyeron la incidencia de *C. acutatum*, radiación que dio como resultado una menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad a lo largo del ciclo del cultivo. Las plantas que provinieron de semillas irradiadas presentaron severidades inferiores en comparación con semillas sin tratamiento y con tratamiento químico. Las semillas aplicadas una radiación de 90 minutos de exposición solar obtuvieron una media de 5,27 vainas infectadas, mientras que a un tiempo de 60 minutos de radiación solar presentaron 65,27 por planta. Se obtuvo un rendimiento de 1110,25 kg/ha, en semillas irradiadas a 60 minutos de exposición solar en el genotipo local San Gabriel con una relación costo beneficio de 1,98.

Palabras Claves: *Colletotrichum acutatum*, radiación solar, *Lupinus mutabilis*.

II. Abstract

In the study of the effect of solar radiation on the incidence of anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) in the flowering stage and sheath radiation in the local San Gabriel genotype (*Lupinus mutabilis*), its seeds were irradiated at times of 45, 60 and 90 minutes, using a homemade radiation stove. Solar radiation in the 60 and 90 minute times decreased the percentage of anthracnose infection compared to the absolute zero-minute control and the Vitavax chemical treatment; The 60 minute solar radiation treatment showed a higher germination percentage compared to the other treatments. Seeds irradiated at 90 minutes of sun exposure decreased the incidence of *C. acutatum*, radiation that resulted in a smaller area under the disease progress curve throughout the crop cycle. Plants that came from irradiated seeds with respect to lower severities compared to seeds without treatment and with chemical treatment. The seeds applied to a radiation of 90 minutes of sun exposure obtained an average of 5.27 infected pods, while a time of 60 minutes of solar radiation 65.27 per plant. A yield of 1110.25 kg / ha was obtained in seeds irradiated at 60 minutes of sun exposure in the local San Gabriel genotype with a cost-benefit ratio of 1.98

Keywords: *Colletotrichum acutatum*, solar radiation, *Lupinus mutabilis*.

III. Introducción

El Tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis*) es una planta de la familia leguminosa que fácilmente podemos ver su crecimiento en nuestra sierra andina, se le considera como un cultivo andino nutritivo con gran potencial alimenticio de gran importancia por sus cualidades de ventajas comparativas y competitivas que hoy en día puede ser un producto orgánico; con sus propias características de sabor, color y textura (Caicedo & Peralta , 2001).

Colletotrichum acutatum es el hongo causante de la antracnosis, considerada una de las enfermedades más devastadoras del cultivo de chocho. El hongo ataca principalmente al tallo, flores y vainas, siendo el rendimiento el más afectado. (Thomas & Sweetingham, 2004) manifiestan cuando el cultivar es atacado por *C. acutatum*, produce lesiones necróticas; sobre la cual masas conidiales de color naranja se desarrollan teniendo una reducción significativa del rendimiento

El método utilizado generalmente para controlar la antracnosis en la semilla es mediante la desinfección de semilla con Vitavax (Carboxín 200g/kg + captan 200g/kg, Bayer) (Proagro, 2016), que recubre la semilla superficialmente sin penetrar bajo la testa donde se aloja el patógeno. Otra manera generalmente para controlar la enfermedad es la aplicación constante de fungicidas sintéticos y el manejo inapropiado de fungicidas químicos que causa graves impactos

en la salud humana, al ambiente y genera resistencia de las plagas volviéndose así un método ineficiente y costoso para el productor.

Una de las alternativas para el control de inóculos de hongos sin utilizar fungicidas sintéticos es la exposición de semillas a radiación solar, siendo una tecnología económica, amigable con el medio ambiente y de fácil adopción a los sistemas agrícolas logrando reducir drásticamente la enfermedad, así como la reducción de los costos frente al control de su principal enfermedad (*C. acutatum*).

IV. Metodología

- **Variables evaluadas**

1. **Días a la germinación.** -El porcentaje de emergencia se determinó en el campo a los 17 días después de la siembra, contabilizando el número de plantas emergidas por cada tratamiento.
2. **Evaluación de incidencia de la enfermedad en el ciclo del cultivo.** - Se diseñó un área bajo la curva del progreso de la enfermedad en el ciclo del cultivo por medio de severidad de la enfermedad.
3. **Número total de vainas ramas laterales y tallo principal.** - Se contabilizó el número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales de diez plantas seleccionadas al azar previamente y se dividió para el mismo número de plantas
4. **Número de vainas infectadas por planta.** -Una vez que la planta termino el llenado de vaina se contabilizó el número de vainas infectadas del total de 10 plantas en los que se aplicaron los tiempos de radiación, así como al testigo absoluto cero minutos y el testigo químico
5. **Número de semillas por vaina.** -Las vainas se cosecharon para su posterior trillado y se determinó el número de semillas por vaina. Para la obtención de esta variable se dividió el número de semillas para el número de vainas cosechadas de las plantas de cada tratamiento.
6. **Número de vainas por planta.** - Se contaron las vainas obtenidas de la cosecha en verde, en cada grupo de tratamientos
7. **Rendimiento por hectárea.** - Se cosecho a todas las plantas de la unidad experimental y se obtuvo el peso de las semillas en gramos por unidad experimental -1 y en Kg ha-

- 8. Relación Beneficio/Costo.** -En función del rendimiento y el costo de cada tratamiento en estudio; se obtuvo la relación Costo-Beneficio (C/B) y se identificó el mejor tratamiento en términos económicos (Perrin,1988).

Previa comprobación de la normalidad de datos y homogeneidad de varianzas se evaluaron los resultados obtenidos mediante un análisis de varianza (ANAVA), de acuerdo con el diseño experimental planteado. Además, se realizaron pruebas de comparación de medias mediante Tukey al 5%, para determinar diferencias entre tratamientos. Los datos obtenidos se procesaron en el software estadístico InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- **Diseño experimental**

Se utilizará un DBCA en parcelas divididas de bloques completos al azar, conformado por 5 tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales.

El modelo matemático a utilizar es:

$$Y_{ijk} = u + B_i + T_j + e(S)_{ij} ; \text{ donde:}$$

Y_{ij} = Incidencia de antracnosis en el cultivo de chocho

u = media general

B_i = efecto del i -ésimo bloque

G_j = efecto del j -ésimo nivel de radiación.

e_{ij} = error experimental para los tiempos de radiación solar.

Además, se realizarán pruebas de comparación de medias de Tukey al 5%, para los tiempos de radiación solar, genotipos, etapas fenológicas e interacciones. Los análisis se realizarán en el software InfoStat (Di Rienzo, 2011).

V. **Resultados y Discusión**

- **Porcentaje de días a la germinación (%)**

El valor $p < 0,05$ en el Análisis de Varianza (ANAVA) indicó que existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de radiación solar en semillas de chocho, en la Tabla 1 se muestra el efecto de cuatro tiempos de radiación solar y el tratamiento Vitavax, siendo el tratamiento 2 (60 minutos de radiación solar) con una media de 87,27 % de emergencia, en comparación con el resto de tratamientos, (Loor, 2019), expuso a radiación solar semillas del

genotipo I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415) en una estufa de radiación, siendo el tiempo 45 minutos el tratamiento que obtuvo mayor porcentaje de emergencia de las parcelas en campo. Según Sánchez (2016), semillas muy secas son frágiles y vulnerables a sufrir daños durante la siembra y el crecimiento, los daños pueden suceder en el embrión, esto conlleva a una disminución del porcentaje germinativo en semillas tratadas con mayor tiempo de exposición. mostraron que el porcentaje de germinación de las semillas y las tasas de crecimiento de los brotes estaban inversamente relacionadas con las dosis de irradiación. Peykarestan, B., Seify, M., Fadaei, M., & Hatim, M. (2012) manifiestan La radiación ultravioleta es energéticamente capaz de alterar las proteínas, las semillas de *Portulaca grandiflora* y *Portulaca oleracea* irradiadas con 220 a 400 nm, mostraron que el porcentaje de germinación de las semillas y las tasas de crecimiento de los brotes estaban inversamente relacionadas con las dosis de irradiación.

Tabla 1.
Prueba Tukey para el porcentaje de emergencia

Tiempo de radiación	Medias	E.E.	Rango
T4 Cero minutos	67,93	0,74	A
T1 45 minutos	71,43	0,38	A
T5 Control químico (Vitavax)	74,63	0,85	B
T3 90 minutos	76,13	2,02	B
T2 60 minutos	87,27	0,85	C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Error estándar

- *Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de semillas del genotipo local San Gabriel, tratadas por diferentes tipos de radiación solar.*

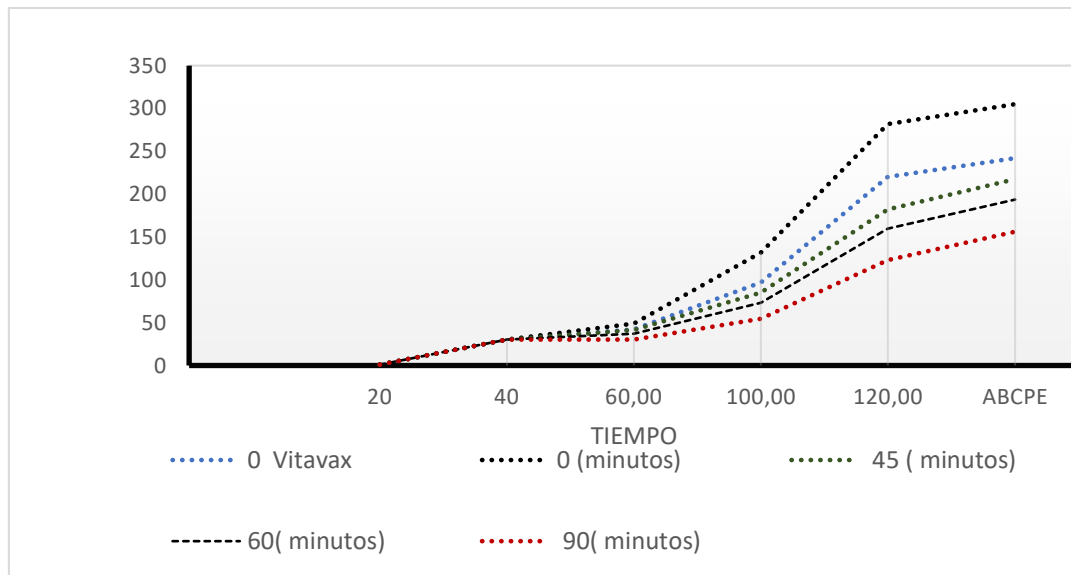


Figura 1. ABCPE del genotipo San Gabriel.

En la figura 1 se observa que las semillas del genotipo local San Gabriel, sometidas al tratamiento de 90 minutos, presenta una menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad, de *Colletotrichum acutatum*, en las diferentes etapas fenológicas. (Falconi, 2015) manifiesta que a tiempos superiores de 45 minutos en genotipos I-450 Andino y cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415), se reduce y suprime la acción del patógeno. Mizubuti, E. S., Aylor, D. E., & Fry, W. E. (2000) determinaron que la exposición de 1 h de exposición en días soleados, la viabilidad de los esporangios disminuyó en aproximadamente un 95%, y el tiempo efectivo necesario para inactivar el 95% de los esporangios fue de 1,1 h. La dosis efectiva para inactivar el 95% de los esporangios en días soleados fue de 2.6 MJ / m². En días nublados (300 W / m²), la supervivencia después de 3 h se redujo solo ligeramente.

- **Número de vainas totales**

El valor $p=0,0001$ en el ANAVA indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, en la Tabla 2 se muestra el efecto de los tiempos de radiación solar en las semillas del genotipo de chocho local San Gabriel, el tratamiento 60 minutos de radiación solar presentó el mayor número de vainas con una media de 65,2; en comparación con el tratamiento químico y cero minutos de radiación solar que presentaron medias de 33,57 y 36,07 respectivamente.

Según Guaytarilla & Falconí (2014) obtuvieron resultados favorables en el rendimiento por medio de aplicación de radiación UV-B donde alcanzaron resultados de 38,95 qq/ha, debido al mayor número de vainas y granos por planta.

Tabla 2.

Prueba Tukey para número de vainas totales en la planta.

Tiempo de radiación	Medias	E.E.	Rango
T5 Control químico	33,57	1,08	A
T4 cero minutos	36,07	1,35	A
T1 45 minutos	44,97	1,6	B
T3 90 minutos	53,33	0,91	C
T2 60 minutos	65,27	1,38	D

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

*Error estándar

- **Número de vainas infectadas**

El valor $p=0,0001$ en el ANAVA indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos T3; 90 minutos de radiación solar con una media de 5,27 vainas infectadas, en comparación con el resto de tratamientos que presentan mayor número de vainas infectadas, (Thomas & Sweetingham, 2004) manifiestan cuando el cultivar es atacado por *C. acutatum*, produce lesiones necróticas; sobre la cual masas conidiales de color naranja se desarrollan teniendo una reducción significativa del rendimiento, un factor importante dentro de la reducción de la productividad es el número de vainas infectadas con *C. acutatum*.

Tabla 3.

Prueba Tukey para el número de vainas infectadas en la planta.

Tiempo de radiación	Medias	E.E.	Rango
T3 90 minutos	5,27	0,24	A
T2 60 minutos	6,53	0,29	B
T1 45 minutos	8,03	0,38	C
T5 Control químico (Vitavax)	9,23	0,3	D
T4 Cero minutos	9,83	0,38	D

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

*Error estándar

- **Número de granos/vaina**

El valor $p=0,0001$ en el ANAVA indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, en la Tabla 4 se muestra el efecto de los tiempos de radiación solar en un genotipo local de chocho, sobre el número de granos/vaina, siendo el tratamiento T2, 60 minutos de radiación solar, el que presentó mayor número de granos por vaina, con un valor de la media de 7,37 en comparación con el resto de tratamientos, siendo el T4 cero minutos de radiación solar el que presentó menor número de granos por vaina con una media de 4,93.

Tabla 4.
Prueba Tukey para número de granos por vaina

Tiempo de radiación	Medias	E.E.	Rango
T4 Cero minutos	4,93	0,1	A
T5 Control químico	5,17	0,1	A
T1 45 minutos	6,07	0,1	B
T3 90 minutos	6,57	0,2	C
T2 60 minutos	7,37	0,1	D

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

*Error estándar

- **Rendimiento (kg/ha)**

El valor $p=0,0001$ en el ANAVA indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, en la Tabla 5 se muestra el efecto de los tiempos de radiación, sobre el rendimiento, siendo el tratamiento 2 (60 minutos de radiación solar) con una media de 1110, 25 kg/ha el que mayor rendimiento presentó en comparación con el resto de tratamientos. Neelamegan & Sutha (2015), demostraron que la exposición de radiación solar sobre semillas de soja por 60 minutos produjo un incremento significativo en el vigor de la planta y producción de biomasa.

Tabla 5.

Prueba Tukey para el rendimiento del cultivo de chocho (Lupinus mutabilis) en el cantón Espejo

Tiempo de radiación	Media	E.E	Rango	
T4 Cero minutos	451,82	32,92	A	
T5 Control químico	483,65	46,56	A	
T1 45 minutos	728,84	134,8	A	B
T3 90 minutos	994,92	49,24	B	
T2 60 minutos	1110,25	19,06	C	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Error estándar

- **Relación Beneficio/Costo**

Al realizar la evaluación económica mediante el indicador de rentabilidad costo – beneficio, considerando la venta de grano seco (Tabla 6), se determinó que el mejor costo-beneficio se obtuvo al emplearse el tratamiento 2 (60 minutos de radiación), por cuanto alcanzó un B/C de 1,98 el cual representa que, por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 98 centavos, Demostrando de esta manera que una adecuada nutrición complementada con el uso de alternativas de tiempos adecuados de radiación solar resulta fundamental para generar una alta rentabilidad y reducir o suprimir la enfermedad del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*).

Tabla 6.

Relación costo- beneficio en el rendimiento del cultivo de chocho (Lupinus mutabilis) en el cantón Espejo.

Tiempo de radiación	Rendimiento Kg/ha	Valor de la producción USD/ha	Costos de producción USD/ha	Costo - Beneficio
T4 Cero minutos	451,82	429,22	532,4	0,81
T5 Control químico	483,65	459,46	532,4	0,86
T1 45 minutos	728,84	692,39	532,4	1,30
T3 90 minutos	994,92	94517,4	532,4	1,77
T2 60 minutos	1110,25	1054,74	532,4	1,98

*Precio referencias según el sistema de Información pública Agropecuaria (SIPA): **0,95 USD/Kg de chocho** en grano 6/11/2019.

VI. Conclusiones

Los tratamientos de semillas irradiadas por medio de radiación solar en los tiempos de 60 y 90 minutos, demostraron ser eficientes sobre el control de antracnosis *Colletotrichum acutatum* en el genotipo local San Gabriel (*Lupinus mutabilis*).

Las semillas pre tratadas por medio de radiación solar presentaron menor grado de incidencia y severidad por medio del área bajo la curva del progreso de la enfermedad en las etapas fenológicas de floración y llenado de vaina.

Los tratamientos con semillas irradiadas a un tiempo de 60 minutos obtuvieron un mayor rendimiento con una media de 110,25 Kg/ha comparados con el tratamiento cero minutos de radiación solar y tratamiento químico Vitavax.

VII. Recomendaciones

- Realizar estudios de radiación solar con radiaciones tipo UB-B UB-A para determinar la longitud de onda que permita erradicar y reducir el inóculo de *Colletotrichum acutatum* presente en la semilla de chocho en genotipos locales.
- Determinar las características morfoagronómicas del genotipo local San Gabriel.
- Realizar pruebas, de germinación en laboratorio, y medir la radiación solar, utilizando equipos tecnológicos.

VIII. Referencias bibliográficas

- Di Rienzo, J. A. (2011). Obtenido de Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: <http://www.infostat.com>.
- Diaz , C., Bacópulos, E., & Ruiz, A. (2017). Irradiación de semillas de tomate con UV-B y UV-C: impacto sobre germinación, vigor y crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 105-1118.
- Falconí, C. (Marzo de 2012). Obtenido de *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/210228>
- Falconí, C. (2012). *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance. Obtenido de *Lupinus mutabilis* in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance.

- Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *academia.edu*, 458-482.
- Kanetis, L., Holmes, G. J., & Ojiambo, P. S. (2010). Kanetis, L., Holmes, G. J., & Ojiambo, P. S. Survival of *Pseudoperonospora cubensis* sporangia exposed to solar radiation. *Plant pathology*, 313-323.
- Martinez, P. (2012). Obtenido de Evaluación de los niveles de expresión "in vitro" de enzimas pectinolíticas del hongo *Colletotrichum acutatum* en presencia de inductores naturales provenientes del fruto de lulo (*Solanum quitoense* Lam): <http://www.bdigital.unal.edu.co/8912/1/anapatriciamartinezgonzalez.2012.pdf>
- Martins, J., & Oliveira, H. (2002). En *Genetic and morphological characterization of Colletotrichum acutatum causing anthracnose of lupins* (págs. 986-996.). Lisboa-Portugal.: Phytopathology.
- Mizubuti, E. S., Aylor, D. E., & Fry, W. E. (2000). Survival of *Phytophthora infestans* sporangia exposed to solar radiation. . *Phytopathology*, 78-84.
- Perrín, R. (1988). Perrín, R., Anderson, J., Winkelmann, D., & Moscardi, E. (1988). Manual Metodológico de evaluación ecoPrograma de economía. En *Manual Metodológico de evaluación económica: La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*. Mexico: CIMMYT.
- Peykarestan, B., Seify, M., Fadaei, M., & Hatim, M. (2012). UV irradiation effects on seed germination and growth, protein content, peroxidase and protease activity in *Portulaca grandiflora* and *Portulaca oleracea*. *World Applied Sciences Journal*, 17.
- Proagro. (2016). Obtenido de www.pro-agro.com.mx/indgral/v.htm
- Thomas, G. (2003). Lupin anthracnose-identification and management. *Government of Western Australia Department of Agriculture*, 15.
- Thomas, G. J., & Sweetingham, M. W. (2004). Cultivar and environment influence the development of lupin anthracnose caused by *Colletotrichum lupini*. *Australasian plant pathology*.
- Neelamega, R & Sutha, T (2015). UV-C Irradiation effect on seed germination, seedling growth and productivity of groundnut (*Arachis hypogea* L.)
- Sanchez, G (2016) Construcción y evaluación de la estufacasa para el control de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en semillas de chocho (*Lupinus*

mutabilis) provincia de Cotopaxi. Tesis, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambiental, Latacunga-Ecuador.

Loor Cotallat, Mayra Vanessa (2019). Efecto de la radiación solar vs radiación solar + temperatura (estufa casera), en desinfección de semillas y posterior rendimiento del chocho (*Lupinus mutabilis*). Carrera de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. IASA I. Campus El Prado